

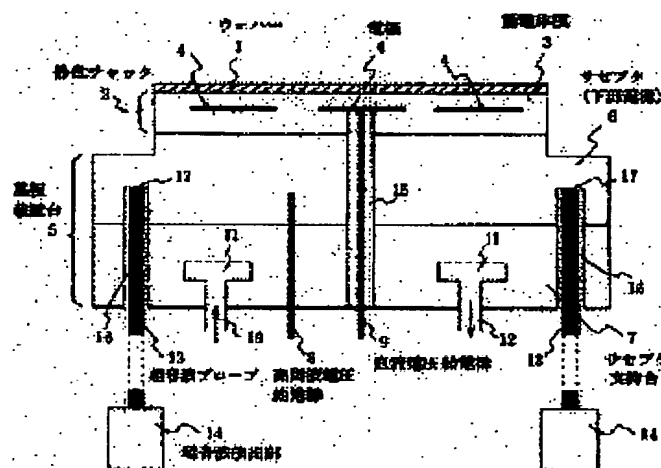
SUBSTRATE MOUNTING STAGE INCORPORATING A PART OF ULTRASONIC PROBE AND DEVICE FOR SEALING THROUGH-HOLE FOR ULTRASONIC PROBE

Patent number: JP2003100714
Publication date: 2003-04-04
Inventor: YASAKA MITSUO; TAKESHITA MASAYOSHI
Applicant: JAPAN SCIENCE & TECHNOLOGY CORP.; TOKYO CATHODE LABORATORY CO LTD
Classification:
 - international: H01L21/3065; H01L21/205; H01L21/68; H05H1/00
 - european:
Application number: JP20010285985 20010919
Priority number(s):

Abstract of JP2003100714

PROBLEM TO BE SOLVED: To identify a position where an abnormal discharge is generated by efficiently conducting an ultrasonic sound to ultrasonic detectors when the abnormal discharge is generated on a wafer, and to seal in vacuum a through-hole for propagating ultrasonic sound in the wall of a processing chamber for an ultrasonic probe so that the through-hole is isolated in sound propagation.

SOLUTION: Three or more ultrasonic probes made of an insulator such as quartz or the like having close acoustic impedance to structures arranged in the periphery of a wafer, e.g. a focus ring or a susceptor, are acoustically connected to the structures in the outer periphery of the substrate mounting part. An ultrasonic sound generated on the wafer surface by an abnormal discharge is conducted to exterior ultrasonic sound detectors, and by seeking a difference between the arrival time of the ultrasonic sound detected by each ultrasonic sound detector, the position of the abnormal discharge generated on the wafer surface can be identified. Each ultrasonic probe is interconnected to an ultrasonic sound detector arranged outside the process chamber, and the through-hole in which each ultrasonic probe penetrates in the process chamber is sealed in vacuum by pressurizing a sealing member for acoustic isolation.



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2003-100714
(P2003-100714A)

(43)公開日 平成15年4月4日(2003.4.4)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
H 0 1 L	21/3065	H 0 1 L 21/205	5 F 0 0 4
	21/205	21/68	R 5 F 0 3 1
	21/68	H 0 5 H 1/00	A 5 F 0 4 5
H 0 5 H	1/00	H 0 1 L 21/302	B

審査請求 有 請求項の数4 O L (全 13 頁)

(21)出願番号 特願2001-285985(P2001-285985)

(22)出願日 平成13年9月19日(2001.9.19)

(71)出願人 396020800

科学技術振興事業団
埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(71)出願人 391051441

株式会社東京カソード研究所
東京都板橋区板橋1丁目10番14号

(72)発明者 八坂 三夫

熊本県阿蘇郡西原村烏子358-3 株式会
社東京カソード研究所九州事業所内

(74)代理人 100111958

弁理士 田村 敏朗

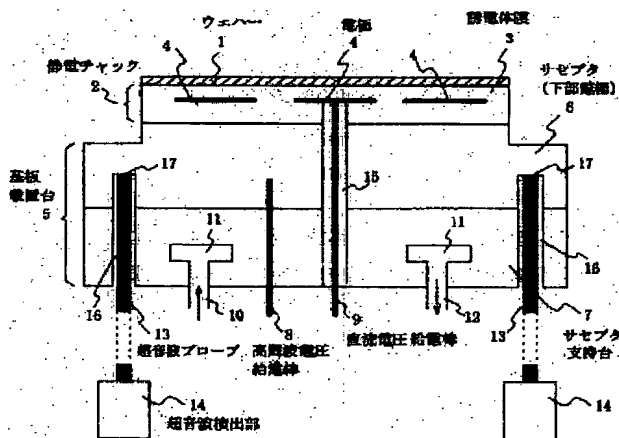
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 超音波プローブの一部を内蔵した基板載置台及び超音波プローブ貫通孔の密閉装置

(57)【要約】

【課題】 ウェハー上の異常放電発生時の超音波を効率的に超音波検出部に導き、異常放電発生場所を特定し、且つ超音波を伝播する超音波プローブの処理室壁貫通孔を音響隔離で真空密閉する。

【解決手段】 ウェハー周辺部の構造体、例えば、フォーカスリング、サセプタ等に音響的に結合された絶縁物で構造体と音響インピーダンスの近い、例えば石英等でできている超音波プローブを基板載置台外周縁部内に3個以上接続し、ウェハー表面で発生した異常放電による超音波を超音波プローブで、外部に配置されている超音波検出部に伝え、それぞれの超音波検出部によって検出された超音波の到着時間差を求め、ウェハー表面に発生した異常放電の位置特定を可能とする。処理室外部に配置された超音波検出部に連結された超音波プローブは音響隔離となる封止部材と与圧することにより処理室貫通孔は真空密閉される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 高電圧電源により電極間にプラズマを発生させるプラズマ処理装置の基板載置台の外周縁部に少なくとも3個以上の、超音波検出部に接続される超音波プローブを外部より装着し、

超音波音響プローブは、電氣的に絶縁物で且つ載置台の構成材質と同程度の固く、音響インピーダンスの近い材質で構成され、超音波検出部へのウェーブガイドとなることを特徴とした超音波プローブの一部を内蔵した基板載置台。

【請求項2】 基板載置台のサセプタの外周縁部内にサセプタとの接続を接着材のみ、或いはねじ込みによる連結と接着剤による接合を併用して音響的に結合をとり、且つ、その接続部以外のサセプタ部分及びサセプタ支持台とは機械的接触をしないようにして外部の超音波検出部に超音波を伝えることができることを特徴とする請求項1記載の超音波プローブの一部を内蔵した基板載置台。

【請求項3】 高圧電源により電極間にプラズマを発生させるプラズマ処理装置の基板載置台の外周縁部上に設けられたフォーカスリングに、少なくとも3個以上の、超音波検出部に接続される超音波プローブを外部より装着し、

超音波音響プローブは、電氣的に絶縁物で且つ載置台の構成材質と同程度の固く、音響インピーダンスの近い材質で構成され、超音波検出部へのウェーブガイドで、フォーカスリング部分との接続は接着材、或いはねじ込みと接着とを併用して音響的に結合され、基板載置台とは機械的接触をしないようにして外部の超音波検出部へ伝えることができることを特徴とした超音波プローブの一部を内蔵した基板載置台。

【請求項4】 一端が処理室内の基板載置台に固着され、他端が処理室外の大気中に配置された超音波プローブに連結され、超音波を超音波検出部に伝播する超音波プローブが貫通する処理壁貫通孔を真空密封する装置において、

音響隔離面となる弾性封止部材の中心孔に断面円形の超音波プローブを貫通させ、処理室外部より封止部材に与圧を加えることにより、貫通部分を真空絶縁することを特徴とする超音波プローブ貫通孔の密閉装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】プラズマ処理装置において発生する異常放電を検出する装置、特に異常放電発生時に伴って発生する超音波を検出して、半導体ウェハ上での異常放電を超音波プローブにより検出する装置に関する。

【0002】

【従来の技術】直流電源、高周波電源等の高圧電源により電極間にプラズマを発生させるプラズマ処理装置で、

プラズマにより成膜、侵食等の処理がなされる工程で、プラズマの異常放電が発生することにより、デバイス不良、装置の損傷等を引き起こしている。本発明者らは、異常放電発生時に発生する超音波を検出して、異常放電発生を感知するプラズマ異常放電監視装置では、異常放電の発生位置を評定するための超音波検出部をプロセスチェンバーの外壁面や上、下面部の適当な数箇所に取り付け、異常放電エネルギー及び発生位置を特定する装置及び方法を発明した（特願2000-89840号）している。

【0003】図8は、異常放電監視装置の異常放電検出センサーを複数個付設したプラズマ処理装置を断面で概略図示している。異常放電時に発生する超音波波形を検出する異常放電検出センサーの出力波形は、図示されていないコンピュータに出力される。コンピュータは計測出力波形を処理して、異常放電の大きさ及び異常放電位置を特定する。

【0004】図中、1はウェハ（半導体基板）、2は静電チャック、3は誘電体膜、4は静電チャック2の電極、5は基板載置台で、6はサセプタ、7はサセプタ支持台を、14は超音波検出部、30は処理室、31は処理室壁、32は上部電極、33は直流電圧阻止用コンデンサ、34は高周波電圧源、35は上部電極32を接地する接地配線、36は静電チャックの電極4に直流電圧を供給する可変直流電圧源、37はプラズマ処理ガスを供給するガス導入管、38は処理室内ガスを排出するガス排出管を表す。静電チャック2、基板載置台5はそれぞれ、円板状又は方形形状である。

【0005】サセプタ6は高周波電圧源29が接続され、下部電極としても作用する。静電チャック2には、誘電体膜内に銅箔などの電極4が配置され、この電極はリード線により可変直流電圧源36に接続される。したがって、この電極4に直流電圧を印加することによって、上記静電チャック2の上に載置したウェハ1をクーロン力により保持する。図8の例では、ウェハを載置する基板載置台5はプロセスチェンバー下部の中央一個所のみで処理室壁に連結支持されている。

【0006】プラズマ処理装置内部品の表層破壊の際に、その衝撃により超音波は発生すると考えられる。つまり、プラズマの異常放電発生時には、その位置においてAE（Acoustic Emission、超音波発生）事象が発生していることになる。従って、AE事象のエネルギー μ が、異常放電発生部位の表面破壊具合を表すことになり、エネルギー μ を求めることが重要となる。その時超音波検出部により検出された超音波の最大振幅幅（波高値幅） V_{pp} は、AE事象のエネルギー μ と関係しており、次の式（1）のように近似的に表せる。

【0007】

【数1】

$$V_{pp} = C_1 \cdot C_2 \mu \quad (1)$$

【0008】ここで、C1は超音波検出部の検出感度に依存する定数、C2は超音波発生源から超音波検出部までの距離や伝播損失等に関係する定数である。また、処理室1の構造材質により決まる超音波の速度V、異常放電発生位置から超音波検出部までの距離をDとすると、超音波検出部に超音波が到達するまでの伝播時間Tは次の式(2)で表せる。

【0009】

【数2】

$$V = \frac{D}{T} \quad (2)$$

【0010】本発明者らは処理壁に4個以上の超音波検出部を処理室壁に付設し、異常放電発生時に生じた超音波を計測し、計測波形をコンピュータ処理することにより、式(2)を基にして異常放電位置から複数の超音波検出部への各伝播時間の差から異常放電源を特定する方法及び装置を発明した。

【0011】又、式(1)と式(2)から求めた伝播距離から伝播減衰を考慮して、ダスト発生、被処理基体(ウェハ)表面の損傷、基体の汚染、基体の電気素子に絶縁破壊等の影響を与えらると思われる超音波の最大振幅(波高値) V_{pp} を設定し、それをしきい値とすることにより、異常放電判定後、異常放電源とアラームをモニタに表示し、外部に警告を発する装置を発明した。(特願2000-89840号、国際出願PCT/JPO1/02536)

【0012】

【発明が解決しようとする課題】静電チャックが処理室下部の中央一個所のみで支持されているプラズマ処理装置では、静電チャックが処理室壁に連結する連結部分の一個所のみを通過して伝播されて超音波検出部に到達するので、夫々の超音波検出部で検出される超音波の到達時間に差は生じないため、静電チャックのウェハ表面上Pで発生したプラズマの異常放電は、処理室の下面の中央で連結されている場所P'を異常放電の発生位置として特定してしまう。(国際出願PCT/JPO1/02536)そこで、本発明の目的とするところは、ウェハ上に発生した異常放電の大きさの検出と位置特定とを可能とするために超音波プローブを内蔵したウェハ支持体を提供することにある。

【0013】

【発明を解決するための手段】本発明は、ウェハ表面で発生した異常放電による超音波が伝播する基板載置台部材及びそれに設置された固い材質の部材に少なくとも3個以上の超音波プローブを取付て、部材を伝播する超音波をそれぞれ連結された超音波検出部に効率よく導くようにし超音波プローブの一部を内蔵した基板載置台を提供する。

【0014】プラズマ処理装置の基板載置台の外周縁部に少なくとも3個以上の、超音波検出部に接続される超

音波プローブを外周より装着し、超音波プローブは、電氣的絶縁物で且つ載置台の構成材質と同程度の固く、音響インピーダンスの近い材質で構成され、超音波検出部へのウェーブガイドとなる超音波プローブの一部を内蔵させる基板載置台を提供する。

【0015】さらに、本発明は、基板載置台のサセプタの外周縁部内にサセプタとの接続を接着材のみ、或いはねじ込みによる連結と接着剤による接合を併用して音響的に結合をとり、また、その接続部以外のサセプタ部分とは機械的接触をしない様にして音響的な結合をなくすことにより、異常放電による超音波を効率的に外部の超音波検出部へ伝えることができるように基板載置台を構成する。

【0016】他の発明として、高周波電力等により電極間にプラズマを発生させるプラズマ処理装置の基板載置台の外周縁部に設けられたフォーカスリングに、少なくとも3個以上の、超音波検出部に接続される超音波プローブを外周より装着し、超音波音響プローブは、電氣的に絶縁物で且つ載置台の構成材質と同程度の固く、音響インピーダンスの近い材質で構成され、超音波検出部へのウェーブ・ガイドで、フォーカスリング部分との接続は接着材、或いはねじ込みと接着とを併用して音響的に結合され、その他のサセプタ、サセプタ支持台等には機械的接続をせず音響的に結合なくし、異常放電による超音波を効率的に外部の超音波検出部へ伝えることができるようにした基板載置台を提供する。

【0017】さらに、別の発明として、一端が処理室内の基板載置台に固着され、他端が処理室外の大気中に配置された超音波プローブに連結され、超音波を超音波検出部に伝播する超音波プローブが貫通する処理壁貫通孔を真空密封する装置において、音響隔離面となる弾性封止部材の中心孔に断面円形の超音波プローブを貫通させ、処理室外より封止部材に与圧を加えることにより、貫通部分を真空絶縁する超音波プローブ貫通孔の密閉装置を提供する。

【0018】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の超音波プローブを外周縁部内に内蔵する基板載置台の実施例を示す。図中、8は高周波電圧源34に接続された高周波電圧給電棒、9は可変直流電圧源31に接続された直流電圧供給棒、10は冷媒導入管、11は冷却ジャケット、12は冷媒導出管、13は超音波プローブを表す。15は直流電圧給電棒9を導入する導入孔、16は超音波プローブ13を基板載置台5の部材に接触することなく載置台外周部内に内蔵させるための装着孔、超音波プローブ13とサセプタ6との結合部分を表す。

【0019】超音波プローブ13は装着孔16に挿入され、プローブ先端に塗布された接着材で載置台外周縁部内の17に接着固定されている。冷却液は冷媒導入管10を介して導入されて冷却ジャケット11内を循環し、

冷媒排出管12より冷却液が蒸発した冷却ガスを排出し、ウェハー1の全面温度を所望の温度に冷却する。なお、本明細書及び図面に記載された同じ符号は同じものを表しているので、説明は省略する。

【0020】超音波プローブ13は基板載置台外部に設置された超音波検出部まで伝播するため、ウェーブガイドとなる音響プローブ13を3個或いはそれ以上をサセプタ部内部に取付け、配置する。音響プローブは電氣的に絶縁物で、且つサセプタ（例えばアルミニウム）6の材質と同じく機械的に固い物質で音響インピーダンスの近い、例えば石英、セラミックス等で構成され、サセプタとの接続は接着材のみ、或いはねじ込みによる連結と接着剤による接合とを併用して音響的な結合をとる。

【0021】また、超音波プローブ13はサセプタ6、サセプタ支持台7に設けられた装着孔16内を貫通しているので、その接合部以外のサセプタ部分とは機械的接触をせず、音響的な結合をなくすことにより、異常放電による検出した超音波を効率的に外部の超音波検出部へ伝えることができる。

【0022】図2は、静電チャック2をその環内に載置した環状のフォーカスリングを外周縁部に設けた基板載置台の場合において、フォーカスリングに超音波プローブを取り付け、超音波プローブを基板載置台に内蔵した本発明の実施例を示す。図2中、18はフォーカスリングを、19は超音波プローブ13をフォーカスリング18にネジ接合する結合部分を表している。サセプタ6の上端周縁部には、ウェハー1を囲むように環状のフォーカスリング18が配置されている。このフォーカスリング18は反応性イオンを引き寄せない絶縁性の材質からなり、反応イオンを内側のウェハーにだけ効果的に入射するように作用する。

【0023】超音波（音響）プローブは、電氣的に絶縁物であって、且つフォーカスリング（例えば表面アルマイト処理アルミ、カーボン、シリコン等）18の材質と同じく機械的に固い（弾性率の高い）物質で音響インピーダンスが近い、例えば石英、セラミックス等で構成される。超音波（音響）プローブとフォーカスリング18との接続はねじ込みによる連結と接着剤による接合とを併用若しくは接着剤のみによる接合により音響的な結合をとり、ウェハー表面に発生した異常放電による超音波の結合面での反射を少なくする。

【0024】超音波プローブ13はサセプタ6、サセプタ支持台7に設けら装着孔16内を貫通しているので、その他のサセプタ、サセプタ支持台等とは機械的接触をせず、これらの部材との音響的な結合をなくして、異常放電による超音波を受信して効率的に外部の超音波検出部へ伝えることができる。

【0025】図3の実施例は処理室外部に設けられた超音波検出部14に超音波プローブ13を接続する際の、処理室壁26を貫通する部位の密封装置を示している。

図中、20は超音波プローブ13を貫通させる貫通孔、21はその中心孔に超音波プローブを貫通させる孔を有する弾性封止部材、22は中心孔に超音波プローブを貫通させる孔を有するスペーサ、23は処理室外側より弾性封止部材21、スペーサ22を装着する孔、24は固定板、25はボルトを表している。

【0026】超音波プローブ13は、基板載置台又は基板載置台に配置された部材に取り付けるため接続部13A、超音波を超音波検出部14まで伝播するウェーブガイド13Bとから構成される。超音波検出部取付部14Aは接着材かカップランドを介したネジ止め固定によりウェーブガイド13Bを超音波検出部に取り付ける取付部である。

【0027】ウェーブガイド13Bは電氣的に絶縁物で構成することにより絶縁を保ち、且つ超音波プローブを取り付ける部材（多くは金属）の構成材質と同程度の固さの物質で音響インピーダンスの近い、例えば、石英、セラミックス等で構成することにより超音波の結合面の反射を少なくする。接続部分は層が薄く減衰特性少ない接着剤（例えば、エポキシ樹脂）のみによる接続若しくは接続はねじ込みによる連結と同接着剤による接合との併用により、減衰の少ない音響的な結合を得ることができる。又、接着剤は脱着可能な材料を使用すると都合である。

【0028】弾性封止部材21、スペーサ22の中心孔の径はウェーブガイド13bの径より大きい。ボルトの25の締め付けにより、弾性封止部材21を押圧して、弾性封止部材21を変形させて、装着孔、中心孔をそれぞれ密閉して、外気と処理室とを完全に封止する。弾性封止部材21とウェーブガイド13Bとは音響インピーダンスが著しく異なるので、ウェーブガイド13Bは処理室壁と音響的に隔離される。

【0029】図3の実施例は弾性封止部材として、ゴム製Oリングを2重にして、真空絶縁の安全を期した例である。ウェーブガイド13Bを円形断面、装着孔23を円形孔とすると、押圧されたOリング円の外側、内側はそれぞれウェーブガイド壁、装着孔壁を等しい力で押圧するように変形するので、密着封止は効果的となる。

【0030】超音波検出部14は処理室外壁上に設けられたホルダー（図示せず。）により、音響隔離の状態処理室外で支持されている。また、封止部材の弾性密着により、ウェーブガイド13Bが固定支持されることにより、基板載置台に内蔵されたウェーブガイド13Bの部分が装着孔16の内壁に確実に接触しないようにことができる。

【0031】図4は、図1、図2に配置された超音波検出部14a～14cが超音波検出部14a～14cの検出波形の振幅幅が設定値以上に上昇したときに、超音波検出部14a～14cの検出波形を同一時間軸上で比較した出力波形例を示している。14aは超音波を最初に

検出した超音波検出部（基準超音波検出部）の検出波形、14bは次に検出された検出波形、14cは最後に検出された検出波形である。

【0032】T0は超音波検出部のいずれかが超音波を最初に検出する時点、時間T1は最初に検出された検出波形に対する次に検出された検出波形の遅延時間、時間T2は最初に検出された検出波形に対する次に検出された検出波形の遅延時間を表している。コンピュータによる超音波の遅延時間は、例えば各検出波形の異常放電に対応する期間内の特徴点（波高値等）における時点での遅延時間を平均することにより算出することができる。

【0033】超音波波形は、超音波検出部14a～14cで検出された後、コンピュータでデータ解析される。その際、超音波の周波数と波高値はAE事象のエネルギーとその材質に依存しているため、本発明の実施例では、超音波検出部14a～14cの検出波形の振幅幅が設定値以上に上昇したときに、超音波検出部14a～14cの検出波形を同一時間軸上で比較し、基準超音波検出部への超音波伝播時間に対するそれぞれの超音波検出部への伝播の遅延時間を算出し、超音波検出部13a～13cの検出波形の中から最大振幅幅を求める。

$$V \times T1 - (D2 - D1) = 0 \quad (3.1)$$

$$V \times T1 - (D2 - D1) = 0 \quad (3.2)$$

【0037】次に、3個の超音波検出手段により、異常放電源の位置を特定する方法について説明する。その前に、異常放電源の位置を特定するために使用する座標系を定義する。図5の座標系は、上部電極2の周辺位置に取り付けられた超音波プローブの超音波受信点を原点0とし、原点0と基板載置台中心点をとる直線をX軸、原点をとおりX軸に垂直な直線をZ軸、原点をとおりX、Z軸に直角な直線をY軸と定義する。図中のウェハー1、静電チャック2、サセプタ6の形状は円盤形状体である場合の例である。他の形状でも同様に計算できる。

【0038】図5(a)はZ軸、X軸を含む平面、(b)はZ軸上方向からウェハーをみた図を示している。ウェハー1、静電チャック2は半径Rの円盤形状体

$$D1 = \sqrt{x^2 + y^2 + H^2} \quad (4.1)$$

又は

$$D1 = \sqrt{x_n^2 + y_n^2 + h^2} + \sqrt{(x - x_n)^2 + (y - y_n)^2 + (H - h)^2} \quad (4.2)$$

ここで、

$$(x_n - q)^2 + y_n^2 = (q - l)^2, \quad \frac{x_n}{x} = \frac{y_n}{y} = m \quad \text{を満たす。}$$

【0041】最短距離が式(4.1)、式(4.2)のどちらかで求めるかは、異常放電源が図中のO、Sをと

【0034】図4の計測波形の中から最大振幅を選定し、超音波の伝搬距離とそれぞれの部位における超音波波形の伝搬損失が分かっているので、式(1)の定数C2が演算されるので、AE事象のエネルギーμが計算できる。このようにして求めた発生部位（位置）と最大振幅幅から異常放電発生時のAE事象の大きさをモニタ画面に表示する。最大振幅を、前もって発生部位ごとに設定されたしきい値と比較することで、そのレベルを超える場合に、警告を発する、もしくは、装置を停止させることができる。

【0035】異常放電源から超音波検出部14a～14cまでの最短距離をそれぞれD1～D3、超音波の音速をV、基準超音波検出部を超音波検出部1とすると、超音波検出部で計測した遅延時間から計算した距離は、異常放電源から基準超音波検出部までの距離と、異常放電源からそれぞれの超音波検出部までの距離との差に一致するので、次の方程式(3.1)～(3.2)が成立する。

【0036】

【数3】

で、サセプタ6は上側は半径R、下側は半径R+1とする円盤形状体で、それぞれの円盤状体の中心はXYZ座標で(q, 0, 0)の位置にあるとする。超音波プローブ13の超音波検出端は図5のようにサセプタ6の周縁部を3等分する位置にそれぞれ結合されている。

【0039】ウェハー上の異常放電源位置P1はX、Y座標(x, y)で表現できる。異常放電源が図のP1に位置する場合、原点0に位置する超音波プローブ13aに超音波が伝播する最短経路の距離D1は、直線距離で次の式(4.1)で求まる。異常放電源がウェハー上のP3に位置する場合は、伝播する最短経路は下部電極のSのため屈曲し、次の式(4.2)で求められる。

【0040】

【数4】

おる直線上でウェハー上の位置P2の外側か、内側の位置によって決まる。原点、S(x_n, y_n, z_n)（ただ

し、 $z_m = h$)とウェハー上の点との交点を (x, y, z) (ただし、 $z = H$)とすると、 $x_m/x = y_m/y = h/H$ の関係があり、且つ x_m と y_m とは円曲線 $(x_m - q)^2 + y^2 = (q - 1)^2$ の上にあるので、次の式(5)で表される。

【0042】

【数5】

$$(x - \frac{H}{h})^2 + y^2 = (q - 1)^2 \quad (5)$$

【0043】式(4.2)で求められる最短距離は式(5)の曲線から超音波プローブ12a側の領域(図(b)のハッチング領域)である。超音波プローブの超音波受信点(座標原点)の上側にウェハーの外周縁端があれば($l = 0$)のときは、最短距離は式(4.1)のみから求められる。

【0044】他の超音波プローブ13B, 13Cへの最短距離D2, D3も同様に求めることができる。D1～D3はウェハー上の2次元平面上の座標 (x, y) の変数(未知量)として表せるので、方程式(3.1)～(3.2)は x, y を変数とする2変数の方程式となる。よって、2つの方程式(3.1), (3.2)から異常放電発生源の座標 (x, y) が求まる。

【0045】方程式の近似解を求める数値解法には、ニュートン法の他に二分法や線形逆補間法などがあるが、本発明の実施例では、短い演算時間で高精度の近似解が得られるニュートン法を用いて2つの方程式(3.1), (3.2)の近似解を求める方法を説明する。

【0046】まず、図6を参照して、ニュートン法による最適解を計算する方法を説明する。方程式 $f(x) = 0$ を計算するための初期値を $x = x_0$ とし、 x_0 における $y = f(x)$ の接線とX軸との交点である漸近点 x_1 を次の(6)式から求める。

【0047】

【数6】

$$\Delta x_0 = x - x_0 = \frac{f(x_0)}{f'(x_0)} \quad (6)$$

【0048】更に、その交点における $y = f(x)$ の接線と、X軸との交点である次の漸近点 x_2 を求める。これを繰り返して、 $\Delta x_{n-1} = x_{n-1} - x_n$ の絶対値が限りなく零のとき反復漸近点 $x_0 - \sum \Delta x_n$ を方程式 $f(x) = 0$ の解の点として求める。

【0049】同様に、 $f_1(x, y) = 0, f_2(x, y) = 0$ の解は、2次元ニュートン法により、 x, y の初期値 x_0, y_0 から、次の式(7.1), (7.2)から $\Delta x, \Delta y$ の値をもとめ、この値をもとに $\Delta x, \Delta y$ の絶対値が限りなく零に近づくまで、繰り返して、 $x_0 - \sum \Delta x_n, y_0 - \sum \Delta y_n$ の反復漸近点により求めることができる。

【0050】

【数7】

$$\frac{\partial f_1}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial f_1}{\partial y} \Delta y = f_1 \quad (7.1)$$

$$\frac{\partial f_2}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial f_2}{\partial y} \Delta y = f_2 \quad (7.2)$$

【0051】異常放電源の位置座標 (x, y) を変数とする方程式(3.1), (3.2)の左辺をそれぞれ f_1, f_2 とし、変数が異常放電源の位置座標であるとき、 $f_1 = 0, f_2 = 0$ となる。式(7.1), (7.2)を使用した2次元ニュートン法により $f_1 = 0, f_2 = 0$ の近似解を求めることで、異常放電源の位置座標 (x, y) を求めることができる。即ち、式(7.1), (7.2)の $\partial f_1 / \partial x, \partial f_2 / \partial x, \partial f_1 / \partial y, \partial f_2 / \partial y$ を、初期値 x_0, y_0 における x 又は y の微小な変化 $\Delta x_0, \Delta y_0$ に対する変化量として近似的に求め、これらの値を式(7.1), (7.2)に代入し、方程式を解くと、 $\Delta x, \Delta y$ の値が求まる。この Δx と Δy が求めたい誤差範囲以下になるまで、 x と y を初期値 x_0, y_0 から $-\Delta x, -\Delta y$ ずつ移動させながら式(7.1), (7.2)の演算を繰り返していくと、近似的に異常放電源の座標 (x, y) が求まる。

【0052】図7のフロー図により、ウェハー上の異常放電源の位置特定方法を説明する。ステップS1で、超音波プローブから伝播した超音波を超音波検出部11a～11cにより計測する。ステップS2で、コンピュータにより超音波検出部14a～14cの検出波形を同一時間軸上で比較し、基準超音波検出部への超音波伝播時間に対するそれぞれの超音波検出部への伝播の遅延時間T1, T2を算出し、超音波検出部14a～14cの検出波形の中から最大振幅幅を求める。ステップS3において、異常放電源がウェハー上にあるとして、反復漸近計算のための初期値 (x_0, y_0) を設定する。

【0053】ステップS4で、初期位置 (x_0, y_0) の領域によって、超音波プローブへの最短距離を式(4.1), (4.2)により求める。次のステップS5で、設定位置をX方向に Δx_0 微小移動して、その領域によって超音波プローブへの最短距離D1x, D2x, D3xを式(4.1), (4.2)により求める。続くステップS6で、設定位置をY方向に Δy_0 微小移動して、その領域によって超音波プローブへの最短距離D1y, D2y, D3yを式(4.1), (4.2)により求める。

【0054】続く、ステップS7において、ステップS4～S6で求められた最短距離及び f_1, f_2 の値から、漸近位置の変動量 $\Delta x, \Delta y$ を次のようにして求める。方程式(7.1), (7.2)の初期位置 x_0, y_0 における $f_1, f_2, \partial f_1 / \partial x, \partial f_1 / \partial y, \partial f_2 / \partial x, \partial f_2 / \partial y$ の値は次式から求まる。これらの値を方程式(7.1), (7.2)に代入し、 $\Delta x, \Delta y$ を求める。

【0055】

【数8】

$$f_1 = D2 - D1 - T1 \times V$$

$$f_2 = D3 - D1 - T2 \times V$$

$$\frac{\partial f_1}{\partial x} = \frac{D2x - D1x - (D2 - D1)}{\Delta x_0}$$

$$\frac{\partial f_1}{\partial y} = \frac{D2y - D1y - (D2 - D1)}{\Delta y_0}$$

$$\frac{\partial f_2}{\partial x} = \frac{D3x - D1x - (D3 - D1)}{\Delta x_0}$$

$$\frac{\partial f_2}{\partial y} = \frac{D3y - D1y - (D3 - D1)}{\Delta y_0}$$

【0056】初期位置より解に近づいた漸近位置として $x_0 - \Delta x$, $y_0 - \Delta y$ が求まる。ステップS8で、異常放電位置への漸近が十分行われたか否かを Δx , Δy の変動量で判定する。 Δx , Δy の変動量が所定精度範囲内の値でないと判断されると、ステップS9で初期位置を $-\Delta x$, $-\Delta y$ だけ移動した位置を次の漸近位置として設定し、次の Δx , Δy の変動量が所定精度範囲内の値になるまで反復繰り返す。

【0057】 Δx , Δy の変動量が所定精度範囲内の値と判断されると、ステップS10で $x = x_0 - \Sigma \Delta x$, $y = y_0 - \Sigma \Delta y$ の近似解を求め、この解がウェハー上の位置であるか否かを判断する。ウェハー上の位置と判断されると、この解の位置が異常放電源の発生位とである。もし、ウェハー上の位置でないと判断されると、異常放電源はウェハー上にないと認定され、本発明の計算を中断し、本発明者が発明した前記異常放電検出方法により処理室壁等の異常放電源の位置を特定する。若しくは、初期位置を変えて再計算する。

【0058】図2のフォーカスリング18を介して超音波を検出する場合、サセプタ6から超音波プローブ13までの伝播距離は各超音波プローブで同じ値となるように各超音波プローブは配置され、且つ式(3.1), (3.2)は距離の差に基づく計算となるので、上記伝播距離は相殺されて、異常放電の位置特定には影響しない。

【0059】

【発明の効果】基板載置台の外周縁内部にウェーブガイドとなる超音波プローブを3個以上接続し、ウェハー表

面で発生した異常放電による超音波を超音波プローブを介して、基板載置台外部に配置されている超音波検出部に効率よく伝播し、夫々の超音波検出部によって検出された超音波の到着時間の差を計測して、ウェハー表面に発生した異常放電による不良個所の確認が容易になり、不良解析の効率が向上する。又、超音波プローブが処理室を貫通する貫通孔を与圧を印加された弾性封止部材により、真空密閉し、音響隔離するとともに超音波プローブを固定支持する。

【図面の簡単な説明】

【図1】サセプタに超音波プローブを取り付けた本発明の実施例を示す。

【図2】フォーカスリングに超音波プローブを取り付けた本発明の実施例を示す。

【図3】超音波プローブが処理室壁を密閉貫通する方法を説明する図である。

【図4】超音波検出部で計測された超音波波形例を示す。

【図5】ウェハー上の異常放電源から超音波プローブへの最短伝播経路を説明する図である。

【図6】ニュートン法による $f(x)=0$ の解法を説明する図である。

【図7】本発明による3個の超音波検出部によりウェハー上の異常放電源を特定する方法によるフロー図を示す。

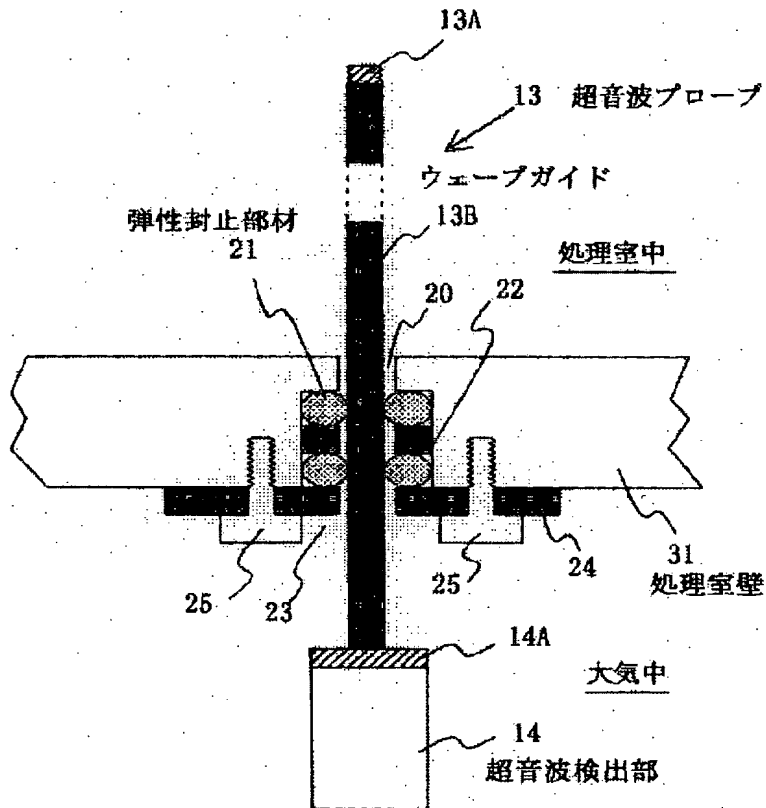
【図8】従来の異常放電検出装置を説明する図である。

【符号の説明】

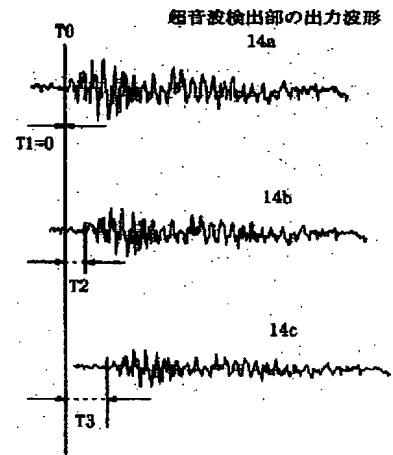
- | | |
|-----|------------|
| 1 | ウェハー |
| 2 | 静電チャック |
| 5 | 基板載置台 |
| 6 | サセプタ(下部電極) |
| 7 | サセプタ支持台 |
| 13 | 超音波プローブ |
| 13A | 結合部 |
| 13B | ウェーブガイド |
| 14 | 超音波検出部 |
| 16 | 装着孔 |
| 18 | フォーカスリング |
| 20 | 弾性封止部材 |
| 30 | 処理室 |
| 31 | 処理室壁 |



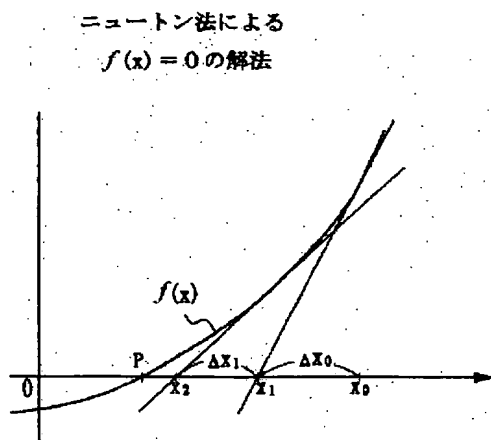
【図3】



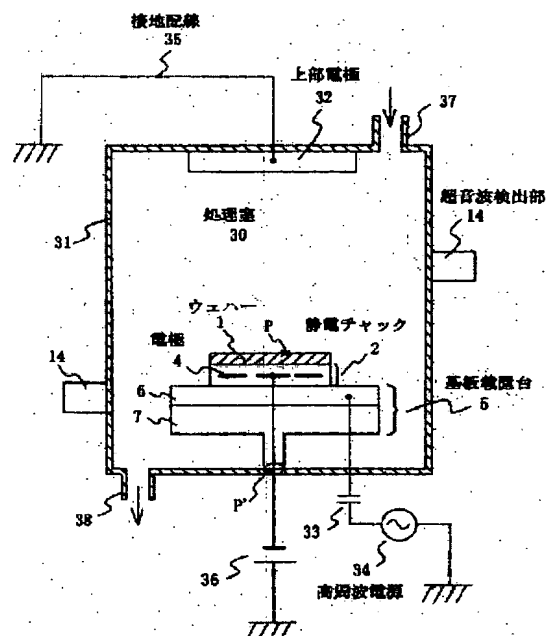
【図4】



【図6】

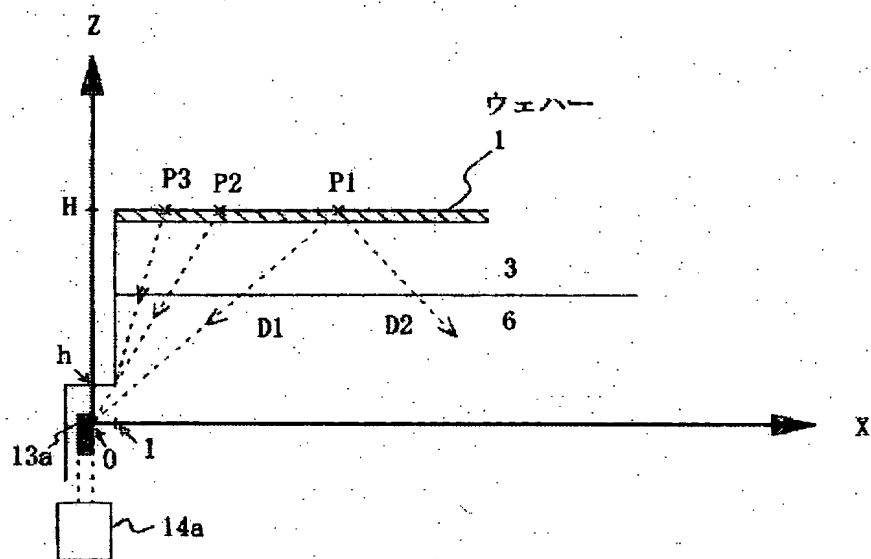


【図8】

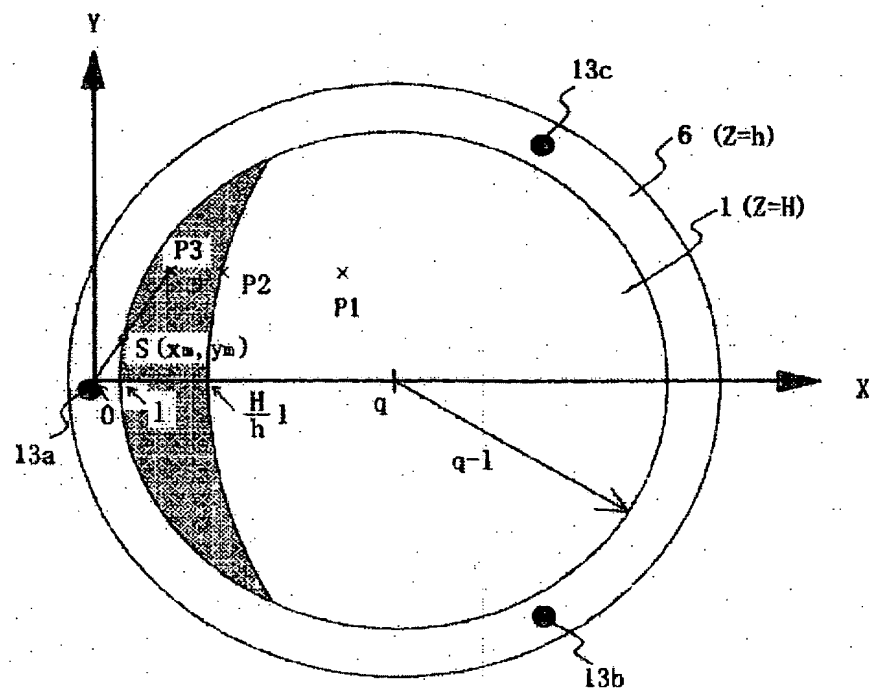


【図5】

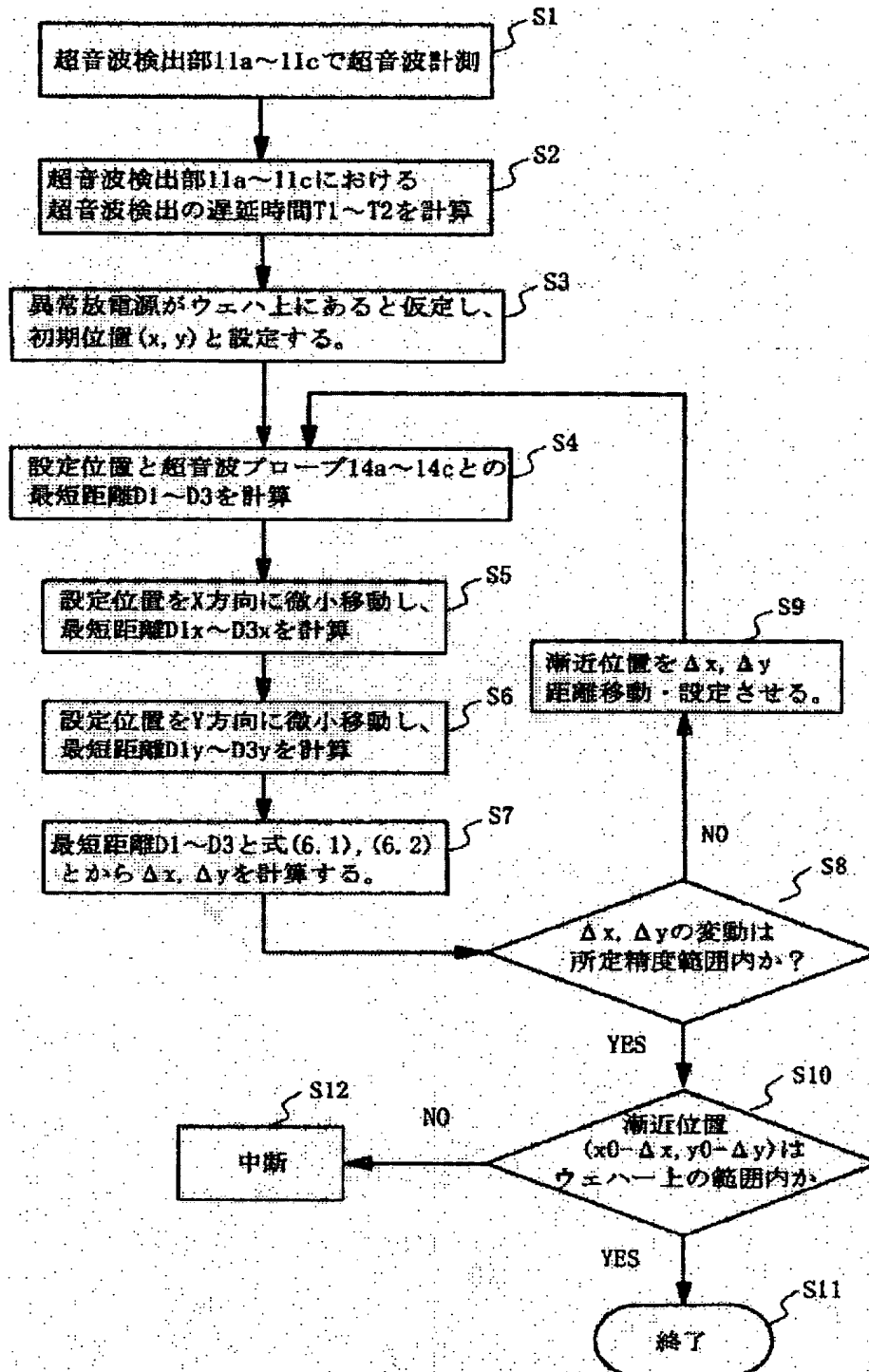
(a)



(b)



【図7】



【手続補正書】

【提出日】平成14年2月26日(2002.2.26)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】発明の名称

【補正方法】変更

【補正内容】

【発明の名称】 超音波プローブの一部を内蔵した基板載置台及び超音波プローブ貫通孔の密閉装置

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 高電圧電源により電極間にプラズマを発生させるプラズマ処理装置の基板載置台の外周縁部に少なくとも3個以上の、超音波検出部に接続される超音波プローブを外部より装着し、

超音波音響プローブは、電氣的に絶縁物で且つ載置台の構成材質と同程度の固く、音響インピーダンスの近い材質で構成され、超音波検出部へのウェーブガイドとなることを特徴とした超音波プローブの一部を内蔵した基板載置台。

【請求項2】 基板載置台のサセプタの外周縁部内にサセプタとの接続を接着材のみ、或いはねじ込みによる連結と接着剤による接合を併用して音響的に結合をとり、且つ、その接続部以外のサセプタ部分及びサセプタ支持台とは機械的接触をしないようにして外部の超音波検出部に超音波を伝えることができることを特徴とする請求項1記載の超音波プローブの一部を内蔵した基板載置台。

【請求項3】 高圧電源により電極間にプラズマを発生させるプラズマ処理装置の基板載置台の外周縁部に設けられたフォーカスリングに、少なくとも3個以上の、超音波検出部に接続される超音波プローブを外部より装着し、

超音波音響プローブは、電氣的に絶縁物で且つ載置台の構成材質と同程度の固く、音響インピーダンスの近い材質で構成され、超音波検出部へのウェーブガイドで、フォーカスリング部分との接続は接着材、或いはねじ込みと接着とを併用して音響的に結合され、基板載置台とは機械的接触をしないようにして外部の超音波検出部へ伝えることができることを特徴とした超音波プローブの一部を内蔵した基板載置台。

【請求項4】 一端が処理室内の基板載置台に固着され、他端が処理室外の大気中に配置された超音波プローブに連結され、超音波を超音波検出部に伝播する超音波プローブが貫通する処理壁貫通孔を真空密封する装置に

おいて、

音響隔離面となる弾性封止部材の中心孔に断面円形の超音波プローブを貫通させ、処理室外部より封止部材に与圧を加えることにより、貫通部分を真空絶縁することを特徴とする超音波プローブ貫通孔の密閉装置。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正内容】

【0012】

【発明が解決しようとする課題】静電チャックが処理室下部の中央一個所のみで支持されているプラズマ処理装置では、静電チャックが処理室壁に連結する連結部分の一個所のみを通過して伝播されて超音波検出部に到達するので、夫々の超音波検出部で検出される超音波の到達時間に差は生じないため、静電チャックのウェハー表面上Pで発生したプラズマの異常放電は、処理室の下面の中央で連結されている場所P'を異常放電の発生位置として特定してしまう。(国際出願PCT/JPO1/02536)そこで、本発明の目的とするところは、ウェハー上に発生した異常放電の大きさの検出と位置特定とを可能とするために超音波プローブを内蔵したウェハー支持体を提供することにある。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正内容】

【0014】プラズマ処理装置の基板載置台の外周縁部に少なくとも3個以上の、超音波検出部に接続される超音波プローブを外部より装着し、超音波プローブは、電氣的絶縁物で且つ載置台の構成材質と同程度の固く、音響インピーダンスの近い材質で構成され、超音波検出部へのウェーブガイドとなる超音波プローブの一部を内蔵させる基板載置台を提供する。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0027

【補正方法】変更

【補正内容】

【0027】ウェーブガイド13Bは電氣的に絶縁物で構成することにより絶縁を保ち、且つ超音波プローブを取り付ける部材(多くは金属)の構成材質と同程度の固さの物質で音響インピーダンスの近い、例えば、石英、セラミックス等で構成することにより超音波の結合面の反射を少なくする。接続部分は層が薄く減衰特性少ない接着剤(例えば、エポキシ樹脂)のみによる接続若しくは接続はねじ込みによる連結と同接着剤による接合との

併用により、減衰の少ない音響的結合を得ることができ
る。又、接着剤は脱着可能な材料を使用すると好都合で
ある。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0049

【補正方法】変更

【補正内容】

【0049】同様に、 $f_1(x, y) = 0$, $f_2(x, y) = 0$ の解は、2次元ニュートン法により、 x, y の初期
値 x_0, y_0 から、次の式(7.1), (7.2)から $\Delta x, \Delta y$ の値をもとめ、この値をもとに $\Delta x, \Delta y$ の絶
対値が限りなく零に近づくまで、繰り返して、 $x_0 - \sum \Delta x_n, y_0 - \sum \Delta y_n$ の反復漸近点により求めることが
できる。

フロントページの続き

(72)発明者 竹下 正吉
熊本県阿蘇郡西原村烏子358-3 株式会
社東京カソード研究所九州事業所内

Fターム(参考) 5F004 AA16 BB22 BB29 BC08 CB20
5F031 CA02 HA01 HA02 HA16 HA38
JA09 JA17 JA22 JA45 MA28
5F045 BB20 EB10 EH01 EM02 EM06
GB17